

METHOD FOR DISCRIMINATING WELDED STATE OF LASER WELDING AND DEVICE THEREFOR

Publication number: JP2000153379

Publication date: 2000-06-06

Inventor: TSUKIHARA HIDETOSHI

Applicant: SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES

Classification:

- International: B23K31/00; B23K26/00; B23K26/20; G01N21/88;
G01N33/20; B23K31/00; B23K26/00; G01N21/88;
G01N33/20; (IPC1-7): B23K26/00; B23K26/00;
B23K31/00; G01N21/88; G01N33/20

- European:

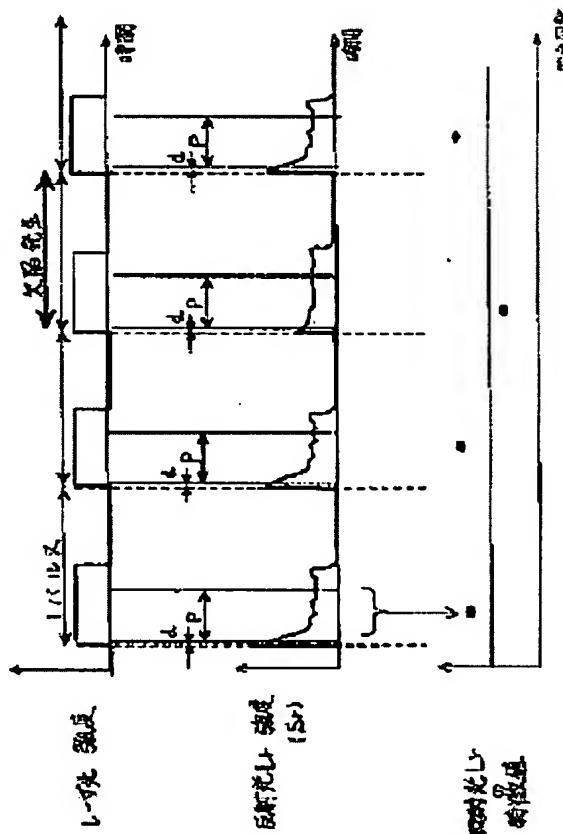
Application number: JP19980329854 19981119

Priority number(s): JP19980329854 19981119

[Report a data error here](#)

Abstract of JP2000153379

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for discriminating welded state of laser welding capable of discriminating welded state with high precision and in detail, and yet rapidly and immediately. **SOLUTION:** At least at the time of laser welding, an optical intensity of plasma beam emitted from a work and a reflected light beam L_r are detected as detected optical intensity, a prescribed interval P out of one cycle of the detected optical intensity corresponding to one pulse of the laser beam is beforehand set as a sampling interval, based on the detected optical intensity in a sampling interval a featured value per each pulse is sampled per each pulse of the laser beam, an extremum of a featured value per each pulse in the work is obtained as a discriminated value of a welded state per each work, and thus in comparison of the extremum and a prescribed threshold value a welded state per every work is discriminated.



Data supplied from the [esp@cenet](#) database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-153379

(P2000-153379A)

(43)公開日 平成12年6月6日(2000.6.6)

| (51)Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テマコード(参考) |
|--------------------------|-------|--------------|-----------------|
| B 23 K 26/00 | | B 23 K 26/00 | P 2 G 0 5 1 |
| | 310 | | 310 A 2 G 0 5 5 |
| | 31/00 | 31/00 | N 4 E 0 6 8 |
| G 01 N 21/88 | | G 01 N 21/88 | Z |
| | 33/20 | 33/20 | P |

審査請求 有 請求項の数6 O L (全9頁)

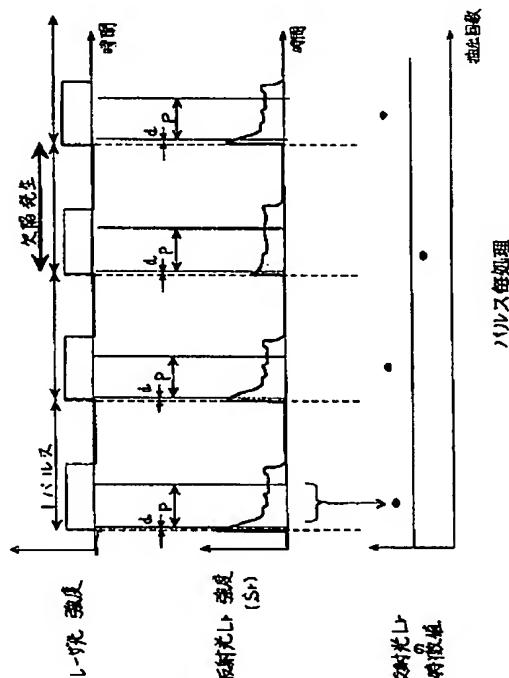
| | |
|------------------------------------|---|
| (21)出願番号 特願平10-329854 | (71)出願人 住友重機械工業株式会社 東京都品川区北品川五丁目9番11号 |
| (22)出願日 平成10年11月19日(1998.11.19) | (72)発明者 月原 英敏 神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重 機械工業株式会社平塚事業所内 |
| | (74)代理人 100071272 弁理士 後藤 洋介 (外1名) |
| | F ターム(参考) 2G051 AA88 AA80 AB02 AB13 AB14 BA10 BB09 BC05 CA02 CB01 EA11 EB01 EB02 2G055 AA08 BA07 EA08 FA02 4B068 CA17 CB02 CB04 CB09 CC01 |
| | |

(54)【発明の名称】 レーザ溶接の溶接状態判定方法および溶接状態判定装置

(57)【要約】

【課題】 溶接状態を高精度かつ詳細に、しかも迅速に即時判定できるレーザ溶接の溶接状態判定方法を提供する。

【解決手段】 少なくともレーザ溶接時にワークから放出されるプラズマ光および反射光L_rの強度を検出光強度として検出し、レーザ光の1パルスに対応する検出光強度の1周期のうちから所定の区間Pを抽出区間として予め設定しておき、抽出区間Pにおける検出光強度に基づいてパルス毎特徴値をレーザ光の各パルス毎に抽出し、ワーク毎の溶接状態の被判定値として、ワークにおけるパルス毎特徴値の極値を得、極値と所定のしきい値とを比較してワーク毎の溶接状態を判定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 パルス状に発生するレーザ光をワークに照射して溶接を行うレーザ溶接方法に適用され、ワークにおける溶接の良好／不良等の溶接状態を判定するためのレーザ溶接の溶接状態判定方法において、レーザ溶接時にワークから放出されるプラズマ光および反射光のうちの少なくとも一方の強度を検出光強度として検出する検出光強度検出工程と、レーザ光の1パルスに対応する前記検出光強度の1周期のうちから所定の区間を抽出区間として予め設定しておく抽出区間設定工程と、前記抽出区間ににおける前記検出光強度に基づいてパルス毎特徴値をレーザ光の各パルス毎に抽出するパルス毎特徴値抽出工程と、ワーク毎の溶接状態の被判定値として、ワークにおける前記パルス毎特徴値のうちの極値を得る極値取得工程と、ワーク毎の溶接状態を前記極値に基づいて判定する際の判定基準としてのしきい値を予め設定しておくしきい値設定工程と、前記極値と前記しきい値とを比較してワーク毎の溶接状態を判定する溶接状態判定工程とを有することを特徴とするレーザ溶接の溶接状態判定方法。

【請求項2】 前記抽出区間設定工程では、前記抽出区間を、前記検出光強度の1周期の立ち上がり時刻からの遅刻時間と、当該遅刻時刻からの経過時間とにより定義する請求項1に記載のレーザ溶接の溶接状態判定方法。

【請求項3】 前記抽出区間設定工程は、前記抽出区間を、前記検出光強度の1周期全期間を所定の長さずつに分割してなる複数の抽出区間片からなるものとして定義する抽出区間片定義ステップを含み、パルス毎特徴値抽出工程は、前記抽出区間片における前記検出光強度に基づいて区間片毎特徴値を抽出区間片毎に抽出する区間片毎特徴値抽出ステップと、複数の区間片毎特徴値に基づいて前記パルス毎特徴値を決定する際の区間片毎の重み付けとしての区間片毎重要度を予め設定しておく区間片毎重要度設定ステップと、前記複数の区間片毎特徴値および前記区間片毎重要度に基づいて前記パルス毎特徴値をレーザ光の各パルス毎に決定するパルス毎特徴値決定ステップとを含む請求項1に記載のレーザ溶接の溶接状態判定方法。

【請求項4】 前記抽出区間設定工程は、前記極値を複数のワークについて蓄積記憶する極値蓄積記憶ステップと、蓄積記憶された複数の前記極値の分布について所定の統計処理を行うことによって溶接の良好／不良等の溶接状態を判別し得る前記抽出区間を取得し、取得した該抽出区間に更新する抽出区間更新ステップとを含む請求項1に記載のレーザ溶接の溶接状態判定方法。

【請求項5】 前記しきい値設定工程は、前記極値を複数のワークについて蓄積記憶する極値蓄積記憶ステップと、蓄積記憶された複数の前記極値の分布について所定の統計処理を行うことによって溶接の良好／不良等の溶接状態を判別し得る前記しきい値を取得し、取得した該

しきい値に更新するしきい値更新ステップとを含む請求項1に記載のレーザ溶接の溶接状態判定方法。

【請求項6】 パルス状に発生するレーザ光をワークに照射して溶接を行うレーザ溶接装置に適用され、ワークにおける溶接の良好／不良等の溶接状態を判定するためのレーザ溶接の溶接状態判定装置において、レーザ溶接時にワークから放出されるプラズマ光および反射光のうちの少なくとも一方の強度を検出光強度として検出する検出光強度検出部と、レーザ光の1パルスに対応する前記検出光強度の1周期のうちから所定の区間を抽出区間として予め設定しておく抽出区間設定部と、前記抽出区間ににおける前記検出光強度に基づいてパルス毎特徴値をレーザ光の各パルス毎に抽出するパルス毎特徴値抽出部と、ワーク毎の溶接状態の被判定値として、ワークにおける前記パルス毎特徴値のうちの極値を得る極値取得部と、ワーク毎の溶接状態を前記極値に基づいて判定する際の判定基準としてのしきい値を予め設定しておくしきい値設定部と、前記極値と前記しきい値とを比較してワーク毎の溶接状態を判定する溶接状態判定部とを有することを特徴とするレーザ溶接の溶接状態判定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、パルス状に出射するレーザ光をワークに照射して溶接を行うレーザ溶接方法に適用され、ワークにおける溶接の良好／不良等の溶接状態を即時に検出するためのレーザ溶接の溶接状態判定方法および溶接状態判定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、YAGレーザ溶接等のレーザ溶接は、レーザ発振器から出力されたパルス状のレーザ光を対象ワークに照射して溶接を行うものである。レーザ溶接は、その特性上の理由から、精密な大量生産ラインに適用されることも多くなっている。

【0003】レーザ溶接における溶接状態、特に溶接欠陥の検査は、オフラインにて検査員が目視で行うか、あるいは検査機器を使用して行う（後刻検査）ことが多い。例えば自動車製造のごとくワークが大型であり、かつ大量生産のラインでは、多量箇所の検査が必要になり、検査員の負担は大きい。また、生産ラインの生産性の観点から検査時間は短い必要があり、溶接と同時に、または並行して検査（オンラインまたはインライン検査、リアルタイム検査、あるいは即時検査と呼ばれる）を行えることが望ましい。

【0004】一般に、レーザ溶接における溶接状態のオンライン計測技術としては、溶接時に溶接部分にて発生するプラズマを利用したもの、溶接時に発生する音（溶接音）を利用したもの、あるいはYAGレーザを用いたレーザ溶接時に溶接部から発生する散乱光（以後、反射光と呼ぶ）を利用したものがある。即ち、プラズマ光強度、プラズマ電位、溶接音レベル、あるいは反射光強度

を測定し、その測定値に基づいて溶接欠陥を検出するものが、開示もしくは提案されている。

【0005】反射光強度を測定し、その測定値に基づいて溶接欠陥を検出する技術は、特願平9-213223号として提案されている。

【0006】上述したオンライン計測技術を応用して溶接欠陥の自動検出（即時検査）を行うようにした実例は少いが、例えば、「溶接学会論文集（1996年）、第500巻、第4号、第689～693頁」では、プラズマ光の強度変化から欠陥を自動検出する方法が開示されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、プラズマ光を測定する技術は、得られるプラズマ光の特性とその際の溶接状態との関係を未だ一義的に定められていないため、各特性の識別や詳細な分析が難しいという実状にある。

【0008】このような実情から、ワークの溶接に関する欠陥品と良品との分離判定を、高い精度で行うことと、迅速に行うこととを両立させることは、困難である。

【0009】特に、大量生産ラインでは、溶接と溶接品のハンドリング（以下、ハンドリング）の繰り返しである。さらに、溶接時間に対してハンドリング時間が短い場合が多い。よって、インラインで欠陥検出を行うには、欠陥検出処理の演算時間が短いことが重要である。さらに、溶接条件などが変化した場合に、その溶接条件に応じて欠陥検出を行うためのパラメータを調整する必要がある。

【0010】本発明の課題は、溶接状態を高精度かつ詳細に、しかも迅速に即時判定できるレーザ溶接の溶接状態判定方法を提供することである。

【0011】本発明の他の課題は、溶接状態を高精度かつ詳細に、しかも迅速に即時判定できるレーザ溶接の溶接状態判定装置を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、パルス状に発生するレーザ光をワークに照射して溶接を行うレーザ溶接方法に適用され、ワークにおける溶接の良好／不良等の溶接状態を即時に判定するためのレーザ溶接の溶接状態判定方法において、レーザ溶接時にワークから放出されるプラズマ光および反射光のうちの少なくとも一方の強度を検出光強度として検出する検出光強度検出工程と、レーザ光の1パルスに対応する前記検出光強度の1周期のうちから所定の区間を抽出区間として予め設定しておく抽出区間設定工程と、前記抽出区間における前記検出光強度に基づいてパルス毎特徴値をレーザ光の各パルス毎に抽出するパルス毎特徴値抽出工程と、ワーク毎の溶接状態の被判定値として、ワークにおける前記パルス毎特徴値のうちの極値を得る極値取得工程と、ワ

ーク毎の溶接状態を前記極値に基づいて判定する際の判定基準としてのしきい値を予め設定しておくしきい値設定工程と、前記極値と前記しきい値とを比較してワーク毎の溶接状態を判定する溶接状態判定工程とを有することを特徴とするレーザ溶接の溶接状態判定方法が得られる。

【0013】本発明によればまた、前記抽出区間設定工程では、前記抽出区間を、前記検出光強度の1周期の立ち上がり時刻からの遅刻時間と、当該遅刻時刻からの経過時間とにより定義する前記レーザ溶接の溶接状態判定方法が得られる。

【0014】本発明によればさらに、前記抽出区間設定工程は、前記抽出区間を、前記検出光強度の1周期全期間を所定の長さずつに分割してなる複数の抽出区間片からなるものとして定義する抽出区間片定義ステップを含み、パルス毎特徴値抽出工程は、前記抽出区間片における前記検出光強度に基づいて区間片毎特徴値を抽出区間片毎に抽出する区間片毎特徴値抽出ステップと、複数の区間片毎特徴値に基づいて前記パルス毎特徴値を決定する際の区間片毎の重み付けとしての区間片毎重要度を予め設定しておく区間片毎重要度設定ステップと、前記複数の区間片毎特徴値および前記区間片毎重要度に基づいて前記パルス毎特徴値をレーザ光の各パルス毎に決定するパルス毎特徴値決定ステップとを含む前記レーザ溶接の溶接状態判定方法が得られる。

【0015】本発明によればまた、前記抽出区間設定工程は、前記極値を複数のワークについて蓄積記憶する極値蓄積記憶ステップと、蓄積記憶された複数の前記極値の分布について所定の統計処理を行うことによって溶接の良好／不良等の溶接状態を判別し得る前記抽出区間を取得し、取得した該抽出区間に更新する抽出区間更新ステップとを含む前記レーザ溶接の溶接状態判定方法が得られる。

【0016】本発明によればさらに、前記しきい値設定工程は、前記極値を複数のワークについて蓄積記憶する極値蓄積記憶ステップと、蓄積記憶された複数の前記極値の分布について所定の統計処理を行うことによって溶接の良好／不良等の溶接状態を判別し得る前記しきい値を取得し、取得した該しきい値に更新するしきい値更新ステップとを含む前記レーザ溶接の溶接状態判定方法が得られる。

【0017】本発明によればまた、前記検出光強度としては、前記プラズマ光および前記反射光の両方の強度を用い、前記しきい値は、前記プラズマ光に関する前記極値の判定基準としてのプラズマ光用しきい値と、前記反射光に関する前記極値の判定基準としての反射光用しきい値とを含み、前記溶接状態判定工程では、前記プラズマ光および前記反射光それぞれの判定結果ならびに予め設定した両判定結果の重み付けに基づいてワーク毎の溶接状態を最終的に判定する前記レーザ溶接の溶接状態判

定方法が得られる。

【0018】本発明によればさらに、前記パルス毎特徴値抽出工程では、前記抽出区間における前記検出光強度について、平均値、差分処理による変化量、および差分処理による振幅のうちのいずれかを算出することにより、前記パルス毎特徴値を抽出する前記レーザ溶接の溶接状態判定方法が得られる。

【0019】本発明によればまた、パルス状に発生するレーザ光をワークに照射して溶接を行うレーザ溶接装置に適用され、ワークにおける溶接の良好／不良等の溶接状態を即時に判定するためのレーザ溶接の溶接状態判定装置において、レーザ溶接時にワークから放出されるプラズマ光および反射光のうちの少なくとも一方の強度を検出光強度として検出する検出光強度検出部と、レーザ光の1パルスに対応する前記検出光強度の1周期のうちから所定の区間を抽出区間として予め設定しておく抽出区間設定部と、前記抽出区間における前記検出光強度に基づいてパルス毎特徴値をレーザ光の各パルス毎に抽出するパルス毎特徴値抽出部と、ワーク毎の溶接状態の被判定値として、ワークにおける前記パルス毎特徴値のうちの極値を得る極値取得部と、ワーク毎の溶接状態を前記極値に基づいて判定する際の判定基準としてのしきい値を予め設定しておくしきい値設定部と、前記極値と前記しきい値とを比較してワーク毎の溶接状態を判定する溶接状態判定部とを有することを特徴とするレーザ溶接の溶接状態判定装置が得られる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態によるレーザ溶接の溶接状態判定方法および溶接状態判定装置を説明する。

【0021】図1を参照して、本発明による溶接状態判定方法を実現するためのレーザ溶接システムは、パルス状のレーザ光を発生するYAGレーザ発振器301と、発生したレーザ光を伝搬する光ファイバ302と、図示しない走査機構が接続され、伝搬されたレーザ光が入力されるレーザトーチ303とを有している。レーザトーチ303から出射されるレーザ光は、照射光Lwとして図示しない走査テーブル上に載置されたワーク500に照射され、レーザ溶接が行われる。溶接時には、ワーク500の溶接部から、反射光Lrおよびプラズマ光Lpが発生する。

【0022】レーザトーチ303は、トーチ本体303aおよびトーチ上部303cからなる筐体を備えている。トーチ本体303a内には、光ファイバ302を通して伝搬されたレーザ光を反射する一方、反射光Lrおよびプラズマ光Lpを透過するYAGレーザ反射ミラー303bと、YAGレーザ反射ミラー303bで反射されたレーザ光を照射光Lwとして集光する図示しない集光レンズと、YAGレーザ反射ミラー303bを透過した反射光Lrおよびプラズマ光Lpを集光する図示しな

10

い集光レンズと、YAGレーザ反射ミラー303bを透過した反射光Lrおよびプラズマ光Lpのうち概ねプラズマ光Lpを透過する一方、概ね反射光Lrを反射するYAG光反射ミラー303dと、YAG光反射ミラー303dを透過したプラズマ光Lpを含む光のうちからプラズマ光Lpのみを抽出する図示しないフィルタと、YAG光反射ミラー303dを反射した反射光Lrを含む光のうちから反射光Lrのみを抽出する図示しないフィルタとが備えられている。

20

【0023】さらに、本レーザ溶接システムは、ワーク500における溶接状態を検出する溶接状態判定装置100を有している。溶接状態判定装置100は、トーチ上部303cに接続され、YAG光反射ミラー303dを透過後にフィルタによってろ過されたプラズマ光Lpを受光してその光強度に応じた電気信号Spを出力するプラズマ光用センサ102と、トーチ上部303cに取り付けられ、YAG光反射ミラー303dを反射後にフィルタによってろ過された反射光Lrを受光してその光強度に応じた電気信号Srを出力する反射光用センサ103と、プラズマ光用センサ102および反射光用センサ103からの電気信号Spおよび電気信号Srを用いてプラズマ光Lpおよび反射光Lr両光の強度に基づいて後述するように溶接状態を判定する溶接状態判定処理部101と、検出した溶接状態をディスプレイ等に表示するための表示部104と、検出した溶接状態を記憶するための記憶部105とを備えている。尚、溶接状態判定処理部101は、アナログの電気信号Spおよび電気信号Srをデジタル信号に変換するA/D変換器と、そのデジタル信号を処理するCPUと、処理の際に用いるデータ等を例えば予め記憶したメモリとを備えている。

30

【0024】さて、溶接状態判定処理部101は、レーザ溶接時にワーク500から放出されるプラズマ光Lpおよび反射光Lrの強度を検出光強度として検出する検出光強度検出部と、レーザ光(照射光Lw)の1パルスに対応する検出光強度の1周期のうちから所定の区間を抽出区間として予め設定しておく抽出区間設定部と、抽出区間における検出光強度に基づいてパルス毎特徴値をレーザ光の各パルス毎に抽出するパルス毎特徴値抽出部と、ワーク毎の溶接状態の被判定値として、ワークにおけるパルス毎特徴値のうちの極値を得る極値取得部と、ワーク毎の溶接状態を極値に基づいて判定する際の判定基準としてのしきい値を予め設定しておくしきい値設定部と、極値としきい値とを比較してワーク毎の溶接状態を判定する溶接状態判定部とを有している。

40

【0025】尚、抽出区間設定部およびしきい値設定部における記憶手段は、溶接状態判定処理部101内には設けずに、記憶部105によって実現してもよい。

50

【0026】次に、本溶接状態判定装置100の動作説明をも兼ね、本発明の実施の形態によるレーザ溶接の溶接状態判定方法を説明する。

【0027】本判定方法では、反射光L_rとプラズマ光L_pのセンサ信号の特徴抽出を行い、2つのセンサの特徴値を組み合わせて、インラインで溶接欠陥自動検出を行うことが特徴である。

【0028】さらに、この特徴値にもとづいて、良品と欠陥品を分離するためのパラメータ計算も行うことができる。

【0029】尚、レーザ発振状態は矩形波発振（パルス発振）、連続発振（CW）などがある。本アルゴリズムは、パルス発振の欠陥検出アルゴリズムである。ここで、パルス発振とは、CW（連続波）に対して、後に説明する図2に示すように、ON-OFFを繰り返すものである。例えば、パルス発振のRate（発振周波数）=100Hzの場合、1秒間に100パルスのON-OFFを繰り返す。

【0030】溶接状態判定処理部101は、少なくともレーザ溶接時にワーク500から放出されるプラズマ光L_pおよび反射光L_rのうちの一方の強度を、検出光強度として検出する（検出光強度検出工程）。

【0031】尚、レーザ光の1パルスに対応する検出光強度の1周期のうちから所定の区間は、抽出区間として予め記憶部105に記憶しておく（抽出区間設定工程）。

【0032】抽出区間における検出光強度に基づいて、パルス毎特徴値を、レーザ光の各パルス毎に抽出する（パルス毎特徴値抽出工程）。

【0033】ワーク毎の溶接状態の被判定値として、ワークにおけるパルス毎特徴値のうちの極値を得る（極値取得工程）。

【0034】尚、ワーク毎の溶接状態を前記極値に基づいて判定する際の判定基準としてのしきい値は、記憶部105に予め記憶しておく（しきい値設定工程）。

【0035】極値としきい値とを比較して、ワーク毎の溶接状態を判定する（工程）。

【0036】尚、抽出区間設定工程では、抽出区間を、検出光強度の1周期の立ち上がり時刻からの遅刻時間と、その遅刻時刻からの経過時間とにより定義してもよい。

【0037】あるいは、抽出区間設定工程が、抽出区間を、検出光強度の1周期全期間を所定の長さずつに分割してなる複数の抽出区間片からなるものとして定義する抽出区間片定義ステップを含むものとし、さらに、パルス毎特徴値抽出工程が、抽出区間片における検出光強度に基づいて区間片毎特徴値を抽出区間片毎に抽出する区間片毎特徴値抽出ステップと、複数の区間片毎特徴値に基づいてパルス毎特徴値を決定する際の区間片毎の重み付けとしての区間片毎重要度を予め設定しておく区間片毎重要度設定ステップと、複数の区間片毎特徴値および区間片毎重要度に基づいてパルス毎特徴値をレーザ光の各パルス毎に決定するパルス毎特徴値決定ステップとを

含むようにしてもよい。

【0038】また、検出光強度としては、プラズマ光L_pおよび反射光L_rの両方の強度を用い、しきい値としては、プラズマ光L_pに関する極値の判定基準としてのプラズマ光用しきい値と、反射光L_rに関する極値の判定基準としての反射光用しきい値とを含み、溶接状態判定工程では、プラズマ光L_pおよび反射光L_rそれぞれの判定結果ならびに予め設定した両判定結果の重み付けに基づいてワーク毎の溶接状態を最終的に判定するようにもよい。

【0039】また、パルス毎特徴値抽出工程では、抽出区間における検出光強度について、平均値、差分処理による変化量、および差分処理による振幅のうちのいずれかを算出することにより、パルス毎特徴値を抽出するようにもよい。

【0040】また、抽出区間設定工程は、極値を複数のワークについて蓄積記憶する極値蓄積記憶ステップと、蓄積記憶された複数の前記極値の分布について所定の統計処理を行うことによって溶接の良好／不良等の溶接状態を判別し得る前記抽出区間を取得し、取得した抽出区間に更新する抽出区間更新ステップとを含んでいてもよい。

【0041】しきい値設定工程も、極値を複数のワークについて蓄積記憶する極値蓄積記憶ステップと、蓄積記憶された複数の前記極値の分布について所定の統計処理を行うことによって溶接の良好／不良等の溶接状態を判別し得るしきい値を取得し、取得したしきい値に更新するしきい値更新ステップとを含んでいてもよい。

【0042】以下、本発明の実施の形態によるレーザ溶接の溶接状態判定方法を、より具体的に説明する。

【0043】図2は、レーザ光（照射光L_w）、溶接状態判定処理部101に入力される電気信号S_r、即ち、反射光用センサ103によって検出された反射光L_r、ならびに、溶接状態判定処理部101に入力される電気信号S_p、即ち、プラズマ光用センサ102によって検出されたプラズマ光L_pの各光強度の一例を時系列的に示している。尚、溶接状態判定処理部101のCPUは、図2のような電気信号を、A/D変換器を通して、実際にはデジタル信号の形態で得る。また、照射光L_wの光強度は、例えば、YAGレーザ発振器301からのパワーモニタ信号に基づいて得ている。

【0044】次に、特徴抽出のアルゴリズムを説明する。

【0045】(1) 製品（ワーク）毎にセンサ信号を取り込む。センサ信号の取り込みについては、高速なサンプリング周波数で行う。

【0046】(2) 1パルス毎の特徴値抽出
(2-1) レーザ光（照射光L_w）のパルスの立ち上がりを開始基準として、反射光L_rに関する抽出期間を予め設定しておく。例えば、図3では、パルスの立ち上

り時刻からの遅刻時間 d と、その遅刻時刻からの経過時間 P によって、抽出区間は定義される。尚、図3には示していないが、プラズマ光 L_p に関するても、同じ抽出区間が設定されてよい。

【0047】(2-2) パルスの立ち上がりは、容易にレーザパワー信号から得ることができる。

【0048】(2-3) 全てのパルスに対して、あらかじめ設定された抽出区間(経過時間 P)におけるパルス毎特徴値抽出処理を行う。

【0049】(2-4) パルス毎特徴値抽出処理とは、1パルス毎のセンサ信号の平均値を計算し、大きさを求めることがある。尚、差分処理から変化量、振幅などを予め設定したアルゴリズムにもとづいて計算処理を行ってよい。

【0050】図3では反射光 L_r のパルス毎特徴値抽出処理のみを示してあるが、プラズマ光 L_p 、レーザ光(照射光 L_w)の強度についても同様な処理を行う。

【0051】(2-5) 1パルスのセンサ信号から1つの特徴値(パルス毎計算結果)を計算する。

【0052】(2-6) パルス毎特徴値抽出処理は、1ワークにつき、全てのパルスについて行う。

【0053】(3) 製品毎(ワーク毎)の特徴値の極値抽出
例えば、図2に示すように、欠陥が発生した部分では反射光 L_r のレベルが低く、プラズマ光 L_p のレベルが高い。図2および図3に示した欠陥の場合には、製品毎(ワーク毎)に、反射光 L_r の下限値(最小値)、プラズマ光 L_p の上限値(最高値)を特徴値の極値として欠陥の判定を行う。

【0054】(4) 溶接欠陥判定

良品の場合の、反射光 L_r 、プラズマ光 L_p の特徴値と比較して、欠陥検出処理を行う。製品毎(ワーク毎)のパルス毎特徴値の下限値、上限値を計算し、予め設定した良品と欠陥品の特徴値のしきい値との比較で欠陥判定を行う。しきい値による判定については、発明者による特願平10-233721号にて提案されている。

【0055】特徴値抽出処理の他の例として、1パルス当たり、複数の特徴値を抽出してもよい。

【0056】前述の例では、パルス毎に1部分を処理するような方法を説明した。欠陥品と良品とをより高精度に区別するために、1パルス毎の特徴値抽出区間を調整する。

【0057】例えば、図4に示すように1パルス毎に、複数の特徴値抽出区間 $p_1 \sim p_5$ を処理することも可能である。計算は少し複雑になるが、図4に示したように、複数の区間を設定することで、本アルゴリズムの欠陥検出の精度が向上する。

【0058】また、欠陥判定については、反射光 L_r とプラズマ光 L_p それぞれ独立に行ってよい。さらに、2つのセンサ信号を組み合わせ(反射光 L_r とプラズマ

光 L_p との組み合わせの計算結果等)てもよい。欠陥の種類や特徴により、反射光 L_r 、プラズマ光 L_p を組み合わせることで欠陥検出の精度が向上する。

【0059】以下に、特徴値抽出処理のためのパルス毎の特徴値抽出区間の決定方法と、欠陥判定のしきい値を求める手法を説明する。

【0060】レーザパワーや溶接速度などの溶接条件や、欠陥の種類や特徴により、反射光 L_r とプラズマ光 L_p の特性は変わる。したがって、1パルス毎に特徴値抽出区間を何処(何時)に設定するかが重要である。つまり、良品と欠陥品が分離できるように、どの区間に処理すれば最適であるかを求める必要がある。

【0061】1パルス毎の最適な特徴値抽出区間は、記憶部105(図1)に蓄積記憶した製品毎(ワーク毎)のセンサデータから、オンライン解析でユーザが対話形式で更新値を求めることができる。

【0062】例えば、図5(a)はとある特徴値抽出区間に設定した際の、複数ワークの反射光 L_r やプラズマ光 L_p 極値の分布である。このような設定では、良品/不良品を区別することは困難である。よって、1パルス毎の特徴値抽出区間を変更し、図5(b)に示すような分布とし、統計処理を行い、特徴値抽出区間を更新する。図5(b)のような設定によれば、良品/不良品の区別だけではなく、溶接欠陥の種類の区別をも実現できる。

【0063】しきい値についても同様に、オンライン解析で、ユーザが対話形式で更新値を求めることができる。

【0064】尚、以上説明した例では、レーザ発振器としてYAGレーザ発振器を用いているが、これに限らず、他の例例えばCO₂レーザ発振器、エキシマレーザ発振器を用いても良い。この場合、照射レーザ光の反射光 L_r の検出が可能なように、光学系の構成や光電変換素子の選定を行う。

【0065】また、溶接状態判定処理部101の基本的構成は、パソコンコンピュータ等により構成できる。

【0066】

【発明の効果】本発明によるレーザ溶接の溶接状態判定方法は、少なくともレーザ溶接時にワークから放出されるプラズマ光および反射光のうちの一方の強度を検出光強度として検出し、レーザ光の1パルスに対応する検出光強度の1周期のうちから所定の区間を抽出区間として予め設定しておき、抽出区間における検出光強度に基づいてパルス毎特徴値をレーザ光の各パルス毎に抽出し、ワーク毎の溶接状態の被判定値として、ワークにおけるパルス毎特徴値の極値を得、ワーク毎の溶接状態を極値に基づいて判定する際の判定基準としてのしきい値を予め設定しておき、極値としきい値とを比較してワーク毎の溶接状態を判定するため、溶接状態を高精度かつ詳細に、しかも迅速に即時判定できる。本発明によるレーザ

溶接の溶接状態判定装置によっても、同様の効果が得られる。

【0067】また、欠陥の特徴抽出アルゴリズムが簡単で計算時間が短いので、実際の量産ラインでのインライン自動検査システムへ適応できる。

【0068】さらに、大量生産ラインでインライン全品検査ができ、検査員の省人・省力化および品質レベルが向上する。

【0069】また、欠陥部分の特徴抽出が容易に行え、欠陥品と良品の特徴抽出が容易に行える。欠陥品の種類や特徴を整理し、データベース化することで、欠陥の種類や要因の推定が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態によるレーザ溶接の溶接状態判定方法を実現するためのレーザ溶接システムの構成を示す図である。

【図2】本発明の実施の形態によるレーザ溶接の溶接状態判定方法を説明するための図であり、レーザ光（照射光）、反射光、およびプラズマ光の各光強度を時系列的に示す。

【図3】本発明の実施の形態によるレーザ溶接の溶接状態判定方法を説明するための図であり、反射光の強度に関する特徴値抽出区間を示す。

【図4】本発明の実施の形態によるレーザ溶接の溶接状態判定装置

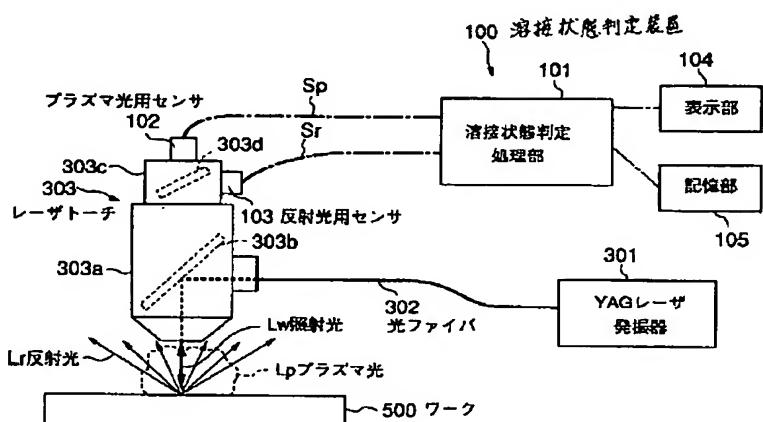
* 態判定方法の他の例を説明するための図であり、反射光およびプラズマ光の各強度に関する特徴値抽出区間を示す。

【図5】本発明の実施の形態によるレーザ溶接の溶接状態判定方法を説明するための図であり、(a)は不適な特徴値抽出区間設定時の複数ワークの溶接状態分布を示し、(b)は好適な特徴値抽出区間設定時の複数ワークの溶接状態分布を示す。

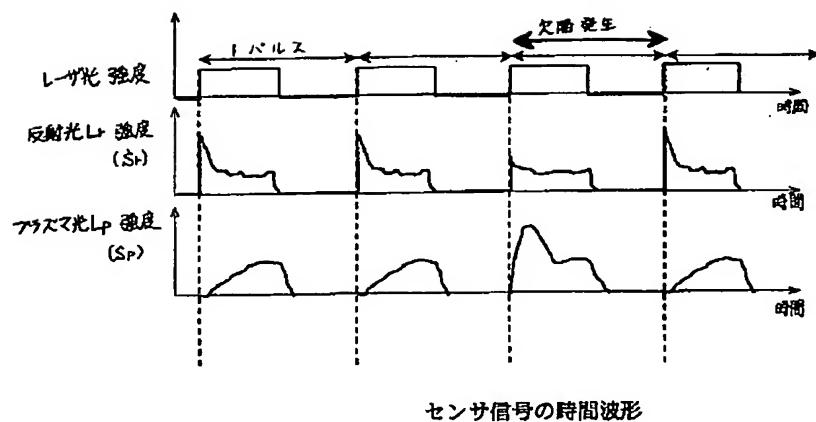
【符号の説明】

| | | |
|----|------|-------------|
| 10 | 100 | 溶接状態判定装置 |
| | 101 | 溶接状態判定処理部 |
| | 102 | プラズマ光用センサ |
| | 103 | 反射光用センサ |
| | 104 | 表示部 |
| | 105 | 記憶部 |
| 20 | 301 | YAGレーザ発振器 |
| | 302 | 光ファイバ |
| | 303 | レーザトーチ |
| | 303a | トーチ本体 |
| | 303b | YAGレーザ反射ミラー |
| | 303c | トーチ上部 |
| | 303d | YAG光反射ミラー |
| | 500 | ワーク |

【図1】

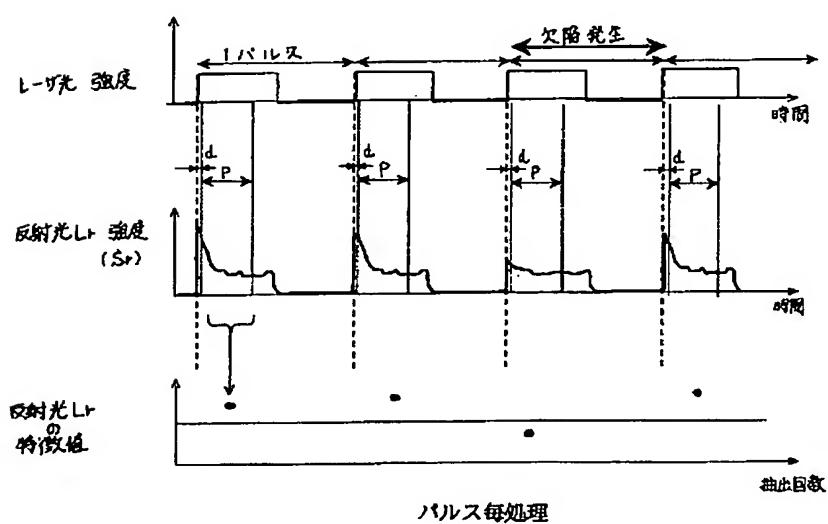


【図2】

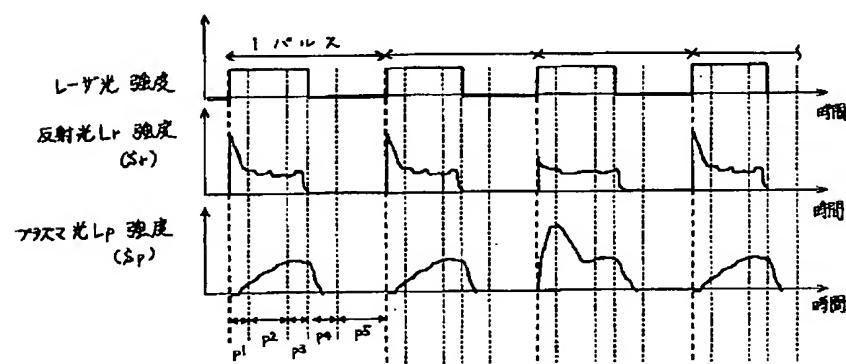


センサ信号の時間波形

【図3】

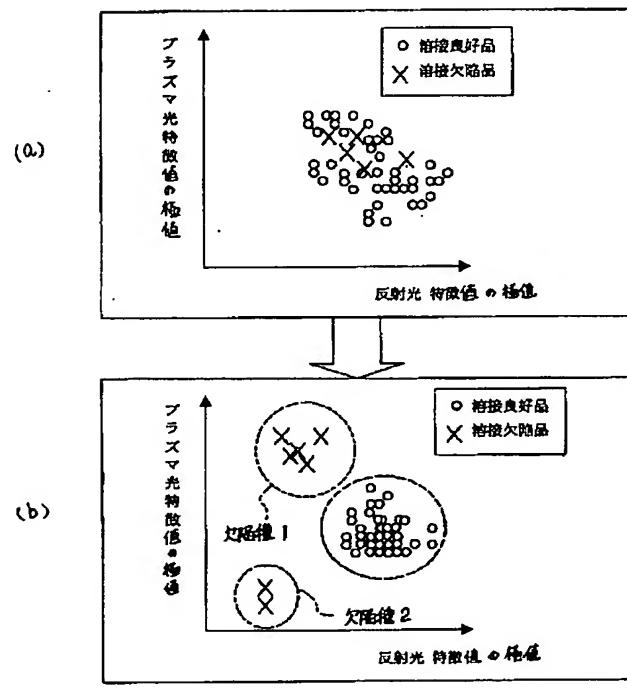


【図4】



パルス毎処理（複数区間の設定）

【図5】



良品と欠陥品の分離